

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 2 1 日
Date of Application:

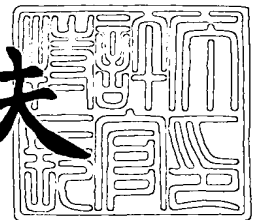
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 0 5 4 6 0
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 2 - 3 0 5 4 6 0]

出 願 人 株 式 会 社 東 芝
Applicant(s):

2 0 0 3 年 9 月 2 日

特 許 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出 証 番 号 出 証 特 2 0 0 3 - 3 0 7 1 5 4 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 13878801

【提出日】 平成14年10月21日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01B 15/00

【発明の名称】 微細パターン測定方法、微細パターン測定装置、及び、
微細パターン測定プログラム

【請求項の数】 11

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 宮 野 ゆみこ

【発明者】

 【住所又は居所】 神奈川県横浜市磯子区新杉田町 8 番地 株式会社東芝
 横浜事業所内

 【氏名】 池 田 隆 洋

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【住所又は居所】 東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

 【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

 【識別番号】 100075812

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 吉 武 賢 次

【選任した代理人】

 【識別番号】 100088889

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 橋 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100096921

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 元 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263

【弁理士】

【氏名又は名称】 川 崎 康

【選任した代理人】

【識別番号】 100107582

【弁理士】

【氏名又は名称】 関 根 毅

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 微細パターン測定方法、微細パターン測定装置、及び、微細パターン測定プログラム

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の層で構成される微細パターンの画像を取得する画像取得工程と、
前記画像における微細パターンの概輪郭を、複数の点で構成された点列として、抽出する点列抽出工程と、
前記点列を構成する複数の点を、グループ分けするグループ分け工程と、
前記各グループを、それぞれのパターンとして、複数の層のいずれかに帰属させる帰属工程と、
各層に帰属されたパターンから、測定対象のパターンのエッジ座標を取得するエッジ取得工程と、
を備えることを特徴とする微細パターン測定方法。

【請求項 2】

前記グループ分け工程は、
代表点を中心として、各探索方向に向かって概輪郭を構成する点を探索し、各探索方向における代表点から検出された点までの距離と、検出された点の数を数える、探索工程と、
各探索において、代表点から点までの距離に基づいて、各点から構成された点列の順位付けを行う、順位付け工程と、
各探索において、検出された点の数と、前記順位付けに基づいて、各点列をサブグループとしてグループ分けする、サブグループ分け工程と、
各サブグループの端点同士の距離が、所定のしきい値以下である場合には、そのサブグループを連結して 1 つのグループとする、連結工程と、
を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の微細パターン測定方法。

【請求項 3】

前記グループ分け工程の前に、概輪郭を構成する点列同士の間の距離により、点列同士を連結するかどうかを判断し、連結性を示すツリーを作成する、ツリー

作成工程を、さらに備えることを特徴とする請求項 1 に記載の微細パターン測定方法。

【請求項 4】

前記帰属工程では、閉路を構成する点列が複数存在する場合には、より外周にある閉路の点列を、測定対象のパターンであると判断する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の微細パターン測定方法。

【請求項 5】

前記帰属工程では、閉路を構成する点列が複数存在する場合には、各閉路に対するフーリエ記述子を算出し、この算出されたフーリエ記述子に基づいて、測定対象のパターンを特定する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の微細パターン測定方法。

【請求項 6】

前記帰属工程では、各パターンの組み合わせと、概輪郭を構成する点列の連結性との関係に対応付けた関連表をあらかじめ記憶させておき、取得した概輪郭を構成する点列の連結性を、前記関連表に基づいて照合することにより、点列により構成される各パターンを、いずれかの層に帰属させる、ことを特徴とする請求項 1 に記載の微細パターン測定方法。

【請求項 7】

前記帰属工程では、ハフ変換を利用して、概輪郭を構成する点列を、直線とそれ以外に区分し、これにより、測定対象のパターンを抽出する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の微細パターン測定方法。

【請求項 8】

前記帰属工程では、概輪郭を構成する点列に対して、その点列の点をすべて含む凸包を算出し、前記凸包を構成する点列を、測定対象のパターンであると判断する、ことを特徴とする請求項 1 に記載の微細パターン測定方法。

【請求項 9】

エッジ取得工程で取得したエッジ座標に基づいて、各層のパターンの重心位置を算出し、上層と下層の合わせずれを測定することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 のいずれかに記載の微細パターン測定方法。

【請求項 1 0】

複数の層で構成される微細パターンの画像を取得する画像取得手段と、
前記画像における微細パターンの概輪郭を、複数の点で構成された点列として、
抽出する点列抽出手段と、
前記点列を構成する複数の点を、グループ分けするグループ分け手段と、
前記各グループを、それぞれのパターンとして、複数の層のいずれかに帰属させる帰属手段と、
各層に帰属されたパターンから、測定対象のパターンのエッジ座標を取得するエッジ取得手段と、
を備えることを特徴とする微細パターン測定装置。

【請求項 1 1】

複数の層で構成される微細パターンの画像を取得する画像取得ステップと、
前記画像における微細パターンの概輪郭を、複数の点で構成された点列として、
抽出する点列抽出ステップと、
前記点列を構成する複数の点を、グループ分けするグループ分けステップと、
前記各グループを、それぞれのパターンとして、複数の層のいずれかに帰属させる帰属ステップと、
各層に帰属されたパターンから、測定対象のパターンのエッジ座標を取得するエッジ取得ステップと、
をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】**【0 0 0 1】****【発明の属する技術分野】**

本発明は、半導体装置の製造技術における微細パターン測定方法、微細パターン測定装置、及び、微細パターン測定プログラムに関する。

【0 0 0 2】**【従来の技術】**

一般に、半導体デバイスは複数の層から構成されている。SEM (Scanning Electron Microscope) によって半導体デバイス上の微細パターンを評価する際に

は、例えば、エッチング後のコンタクトホールパターン等では、開口部にその下層にある配線パターン等が見える場合が有る。

【0 0 0 3】

図 3 2 及び図 3 3 は、S E Mによって観察したコンタクトホール部分の微細パターンの例を示す図である。S E Mによって観察した場合、下層の配線寸法のばらつきや、合わせずれの影響などにより、図 3 2 に示すように、コンタクトホール 1 0 の開口部内に配線パターン 2 0 の片側のエッジのみが見えたり、図 3 3 に示すように、配線パターン 2 0 の両側のエッジが見えたり、様々な場合が有る。また、エッジの見える位置も決まっていない。

【0 0 0 4】

コンタクトホールの形状を測定する際は、例えば、図 3 4 に示すように、コンタクトホール 3 0 のパターンの中心部を横切るように、測定対象となる領域である R O I (region of interest) を設定し、R O I 中心部より水平方向に外側へエッジ位置を探索し、抽出されたエッジ位置より対となるエッジ間距離を算出して、その最大幅を算出する方法が一般的である。

【0 0 0 5】

また、下記特許文献 1 では、コンタクトホールのパターンの中心を指定し、その中心に基づいて画像を極座標展開してエッジを算出する方法が提案されている。下記特許文献 2 では、コンタクトホールのパターンに沿って 2 重の閉曲線からなる閉領域を設定し、その閉領域内でコンタクトホールのエッジを探索する方法が提案されている。

【0 0 0 6】

【特許文献 1】

特開平 7 - 2 7 5 4 8 号公報

【特許文献 2】

特開平 2 0 0 1 - 9 1 2 3 1 号公報

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、いずれの方法においても、図 3 2 乃至図 3 4 に示したようにコ

ンタクトホールの開口部に下層パターンのエッジが見えている場合、エッジ探索領域内に下層配線パターンのエッジが入ってしまうことがあり得る。そのような場合には、より内側に有る下層配線パターンのエッジを抽出してしまい、コンタクトホールを正しく測定することが出来ない。

【0 0 0 8】

そこで本発明は、前記課題に鑑みてなされたものであり、異なる層に属する複数のパターンを含む画像でも、測定対象のパターンを正しく測定することのできる微細パターン測定方法を提供することを目的とする。

【0 0 0 9】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するため、本発明に係る微細パターン測定方法は、複数の層で構成される微細パターンの画像を取得する画像取得工程と、前記画像における微細パターンの概輪郭を、複数の点で構成された点列として、抽出する点列抽出工程と、前記点列を構成する複数の点を、グループ分けするグループ分け工程と、前記各グループを、それぞれのパターンとして、複数の層のいずれかに帰属させる帰属工程と、各層に帰属されたパターンから、測定対象のパターンのエッジ座標を取得するエッジ取得工程と、を備えることを特徴とする。

【0 0 1 0】

本発明に係る微細パターン測定装置は、複数の層で構成される微細パターンの画像を取得する画像取得手段と、前記画像における微細パターンの概輪郭を、複数の点で構成された点列として、抽出する点列抽出手段と、前記点列を構成する複数の点を、グループ分けするグループ分け手段と、前記各グループを、それぞれのパターンとして、複数の層のいずれかに帰属させる帰属手段と、各層に帰属されたパターンから、測定対象のパターンのエッジ座標を取得するエッジ取得手段と、を備えることを特徴とする。

【0 0 1 1】

本発明に係るプログラムは、複数の層で構成される微細パターンの画像を取得する画像取得ステップと、前記画像における微細パターンの概輪郭を、複数の点で構成された点列として、抽出する点列抽出ステップと、前記点列を構成する複

数の点を、グループ分けするグループ分けステップと、前記各グループを、それぞれのパターンとして、複数の層のいずれかに帰属させる帰属ステップと、各層に帰属されたパターンから、測定対象のパターンのエッジ座標を取得するエッジ取得ステップと、をコンピュータに実行させることを特徴とする。

【0 0 1 2】

【発明の実施の形態】

〔第 1 実施形態〕

第 1 実施形態は、複数の層から構成された半導体デバイスの SEM 画像から、パターンのピーク位置を複数抽出し、抽出されたピーク位置のデータをグループ分けして、各グループを各層のパターンに対応づけることにより、各層のパターンの形状を正しく測定できるようにしたものである。より詳しくを、以下に説明する。

【0 0 1 3】

図 1 は、本実施形態において使用される微細パターン測定装置 1 0 0 の構成を示すブロック図である。この図 1 に示すように、本実施形態に係る微細パターン測定装置 1 0 0 は、微細パターンの画像を取得する画像取得部 1 1 0 と、微細パターンの測定を行う微細パターン測定部 1 1 2 と、測定の際の条件やプロセスが設定されたレシピ等を保存する記憶装置 1 1 4 と、微細パターンの画像を表示する CRT 1 1 6 と、これらを制御するためのホストコンピュータ 1 1 8 とを、備えて構成されている。

【0 0 1 4】

画像取得部 1 1 0 の例としては、例えば SEM 等が挙げられる。また、微細パターン測定部 1 1 2 は、微細パターンの輪郭の概略図形を複数のピーク点から構成された点列で作成する概輪郭作成部 1 2 0 と、概輪郭を形成する点列をグループ分けするグループ分割部 1 2 2 と、分割されたグループをパターン種に関連づけるグループパターン関連づけ部 1 2 4 と、関連づけられた情報に基づいてエッジ探索方向及びエッジ探索領域 (ROI) を設定し、エッジ抽出を行うエッジ抽出部 1 2 6 と、得られたエッジ点列に対して目的のパターンの形状を測定するパターン計測部 1 2 8 とを、備えて構成されている。

【 0 0 1 5 】

次に、図 2 に基づいて、本実施形態におけるパターン評価方法のステップを概略的に説明する。この図 2 に示すように、まず、測定を行いたい微細パターンが形成されているサンプルを装置内に搬入し、ステージの上に置く（ステップ S 1）。

【 0 0 1 6 】

次に、記憶装置 1 1 4 から、測定の内容が保存されているレシピを読み込み、レシピの設定を行う（ステップ S 2）。レシピには、測定を行うパターンの位置、目的のパターンを視野内に入れるためのパターンマッチングに用いるテンプレートファイル名、目的のパターンの種類等が記録されている。例えば、パターンの種類としては、ライン、スペース、ホール、島状パターン等が挙げられる。

【 0 0 1 7 】

次に、読み込んだレシピに従って、ステージを移動させ、サンプル上に電子ビームを走査し、パターンマッチングを行い、目的のパターンが含まれる画像を取得する（ステップ S 3、ステップ S 4）。これにより、例えば、図 3 に示すような、ホールパターン 1 3 0 内に、その下層に有るラインパターン 1 3 2 の一部のエッジ 1 3 4 が見られるような画像が得られる。

【 0 0 1 8 】

次に、後で詳述する処理により、これらホールパターン 1 3 0 のエッジ、及び、ラインパターン 1 3 2 のエッジと思われるピーク点を、すべて抽出する（ステップ S 5）。得られたピーク点の点列の例を、図 4 に示す。この図 4 において、各ピーク点は、エッジと判断された位置を示している。

【 0 0 1 9 】

次に、得られたピーク点の点列を、後で詳述する処理によりグループ分けする（ステップ S 6）。例えば、図 5 に示すように、図 4 のピーク点の点列を、グループ 5 1 ～グループ 5 5 の 5 個グループに分割し、さらに、グループ 5 2、5 5 を連結して 1 つのグループ 5 6 とし、グループ 5 1、5 3、5 4 を連結して 1 つのグループ 5 7 とする。

【 0 0 2 0 】

次に、後で詳述する処理により、各グループがどのようなパターンに属するものであるかを判断して、各グループをパターン種に帰属させる（ステップS7）。例えば、図6に示すように、図5のグループ56はラインパターン、57はホールパターンにそれぞれ帰属させる。

【0021】

次に、帰属した結果と、レシピに設定されている測定内容に従って、目的のパターンのエッジを抽出するようROI及びエッジ探索方向を設定し（ステップS8）、エッジ抽出を行う（ステップS9）。得られたエッジ点列に対してレシピに設定されている測定内容の形状測定を行う（ステップS10）。

【0022】

以下、各ステップに関する詳細な説明を含めて、本実施形態の内容を詳細に説明する。

まず、サンプルを装置内に搬入し、測定の内容が保存されているレシピを読み込む（ステップS1、ステップS2）。本実施形態においては、コンタクトホールを測定するためのレシピを読み込むとする。次に、ステージを移動して目的のパターン上に電子ビームを走査して、図3に示すような画像を得る（ステップS3、ステップS4）。図3に示すように、画面内にはホールパターン130及び、このホールパターン130の内部にラインパターン132の一部が見えている。また、SEM画像の特徴として、ホールパターン130のエッジ136部分及びラインパターン132の右側のエッジ134部分が、他の部分に比べて明るく、白く光っている。従来の測定方法では、このラインパターン132のエッジ134部分のために、ホールパターン130の測定が正しく行えない。

【0023】

そこで、本実施形態においては、この画像内に見えているホールパターン130の輪郭、及び、ラインパターン132のおおよその輪郭を、以下のようにして抽出する（ステップS5）。

【0024】

まず、観察されている画像に対して、図7に示すようなテンプレートを用いて、パターンマッチングを行う。この際、マッチングポイントをコンタクトホール

の中心とした。このマッチングポイントが、本実施形態における代表点となる。

【0025】

次に、図8に示すように、マッチングポイントを中心として放射状にエッジを探索する。この際、エッジを探索する領域（ROI）は、マッチングポイントからコンタクトホールのホールパターンの外側までとする。続いて、設定されたエッジ探索領域内で、濃度プロファイルを取得する。これにより、例えば、図9に示すような濃度プロファイルが得られる。この濃度プロファイルにより、1つのエッジ探索方向にあるピーク位置をピーク点としてすべて検出する。ピーク点の検出には、例えば、SavitzkyとGolayの平滑化微分法がある。一般にSEM画像には、雑音が多く、従って濃度プロファイルにも細かなピークが多数存在するが、ピーク値にしきい値を設けることによってこれを除去することが出来る。

【0026】

この様にして、例えば図9においては、ピーク位置41とピーク位置42とをピーク点として検出する。この処理を、360度、すべてのエッジ探索方向に対して行う。また、この際、取得した濃度プロファイルは、ホストコンピュータ118のメモリ内に一時的に保存する。

【0027】

本実施形態においては、このエッジ探索を行いつつ、検出されたピーク点から構成されるピーク点列を、エッジ探索中心からの距離と、ピーク数とでグループ分けする。図10は、このグループ分けの処理内容を説明するフローチャートを示している。

【0028】

すなわち、エッジ探索方向*i*の初期値を1に設定する（ステップS20）。

【0029】

あるエッジ探索方向*i*に対して、ピーク位置が複数抽出され、このため複数のピーク点を検出される場合には、探索中心から各ピークまでの距離に応じてピーク点に順位をつけ、順位毎にグループ分けを行う（ステップS21）。例えば、探索中心より近い方から1, 2・・・と順位付けを行う。そして、変数*i*に1を

加算して、次の探索方向に移行する（ステップ S 2 2）。

【 0 0 3 0 】

そして、この探索方向 i において、ステップ S 2 1 と同様に、探索方向 i におけるピーク数を算出し、複数のピークが抽出される場合は、探索中心から各ピークまでの距離に応じてピークに順位をつけ、順位毎にグループ分けを行う（ステップ S 2 3）。つまり、探索中心から遠い位置にあるピーク点の方が、近い位置にあるピーク点よりも、順位の値が大きい。

【 0 0 3 1 】

続いて、この探索方向 i において抽出されるピーク点の数が、前の探索方向 $i - 1$ と同じあるかどうかを判断する（ステップ S 2 4）。探索方向 i と、探索方向 $i - 1$ とのピーク点の数が同じである場合（ステップ S 2 4：Y e s）には、探索方向 $i - 1$ において同じ順位を持つグループにそのピーク点を分類する（ステップ S 2 5）。

【 0 0 3 2 】

一方、探索方向 i と探索方向 $i - 1$ とのピーク点の数が異なる場合（ステップ S 2 4：N o）には、探索方向 $i - 1$ とは別個に、探索方向 i のピーク点のグループ分けを行う。同時に、データ間の連結性の評価を行う（ステップ S 2 6）。すなわち、探索方向 $i - 1$ に存在するすべてのピーク点と、探索方向 i に存在するすべてのピーク点との間の距離を測定して、ピーク点間距離があらかじめ設定したしきい値を超えるようであれば、それらのピーク点が含まれるグループは、つながっていないと判断する。逆に、あらかじめ設定したしきい値以下であれば、それらのピーク点が含まれるグループは、つながっていると判断する。

【 0 0 3 3 】

次に、すべての探索方向に対して、ピーク位置の検出を行ったかどうかを判断する（ステップ S 2 7）。具体的には、変数 i が探索総数 n と等しくなったかどうかを判断する。例えば、3 6 0 度を 3 6 0 等分した場合には、探索総数 n は 3 6 1 になり、変数 i は 1 ~ 3 6 0 まで変化することとなる。変数 i と探索総数 n とが等しくない場合（ステップ S 2 7：N o）には、上述したステップ S 2 2 からを繰り返す。

【0034】

一方、変数 i と探索総数 n とが等しい場合（ステップ S 27: Yes）には、すべての探索方向に対して、これらピーク抽出、グループ分け、グループ間の連結性評価を行ったこととなる。このため、探索方向 $n-1$ でのピーク点列と探索方向 1 でのピーク点列との連結性評価を行う（ステップ S 28）。

【0035】

このようにして図 4 に示したようなピーク点列を抽出し、このピーク点列を図 5 に示したようにグループ 51～55 にグループ分けすることができる。また、これにより、各グループ 51～55 は、図 11 に示すように連結されることが判明する。

【0036】

この図 11 から分かるように、5 つのグループ 51～55 のすべてがその両側において他のグループとつながっていて、閉路を形成していることがわかる。とり得る閉路としては、51-53-54-51（閉路 A、図中実線）と、52-53-55-52（閉路 B、図中点線）との 2 通りがあり、どちらかが目的のコンタクトホールのパターンである。これら、2 つの閉路に対して、以下の様にしてパターン種類との関連づけを行う（ステップ S 7）。

【0037】

すなわち、各閉路を形成する各グループに対して、探索中心からの距離に基づいてつけられた順位を調べ、その平均値を算出する。ここでは、閉路 A の場合は順位の平均値は 1.67 であり、閉路 B では 1 であったとする。従って、2 つの閉路 A、B を比較した場合、閉路 A の方が閉路 B より外側に位置することになる。なぜなら、外側にあるピーク点の順位は、内側にあるピーク点の順位よりも、大きくなるからである。また、ホールパターンの測定の場合、ホールパターンから下地が見えていても、それは最上層のホールパターンの内側に来ることが多く、従ってホールパターンのエッジは最も外側に来るからである。従って、より外側に位置する閉路 A のピーク点列が、ホールパターンに基づくものということになる。

【0038】

或いは、そこでこれら 2 つの閉路 A、B を形成するピーク点列に対して、例えば、フーリエ記述子等を利用して円らしさの比較を行い、コンタクトホールパターンに基づくピーク点列を抽出しても良い。

【0039】

例えば、Zahn と Roskies が提案した Z 型フーリエ記述子を利用する。Bending Function（全曲率関数：閉曲線上の一点からの角度変化の累積）を各閉路に対して算出し、それをフーリエ展開した際の各次数に対する振幅を比較する。

【0040】

図 12 及び図 13 は、それぞれ、閉路 A、B のフーリエ記述子の振幅を、各次数に従って算出したグラフを示している。閉路 B は、3 次の項が最も大きくなっている。円に近いパターンであれば、3 次等の奇数の項が突出して大きいと言うことはあり得ない。よって、閉路 A の方が、目的とするコンタクトホールパターンに基づくピーク点の点列ということになる。なお、フーリエ記述子は P 型でもかまわない。

【0041】

このようにして、閉路 A を構成するピーク点の点列が、目的のホールパターンのピーク点に基づく点列であることがわかったので、以下の処理により、ホールパターンのエッジ抽出を行う（ステップ S8、ステップ S9）。すなわち、一時的にメモリに保存されている濃度プロファイルに対して、閉路 A に含まれるピークを基準としてあらかじめレシピに設定されたエッジ抽出のアルゴリズム（例えばしきい値法等）を適用してエッジを抽出する。例えば、あらかじめしきい値法とアルゴリズムが設定されていて、図 9 に示す濃度プロファイルにおいてピーク 42 が目的のパターンに基づくものである場合、ピーク 42 を 100% として、探索中心方向に対してベースの位置を探索し、設定されたしきい値となるエッジ位置を決定する。この処理を全探索方向の濃度プロファイルについて行い、エッジ抽出を行う。

【0042】

次に、得られたエッジに対して、図 14 に示すように、ホール幅の平均値 X1

、ホールの重心位置 X 2、及び、ホール面積 X 3 などの測定を行う（ステップ S 10）。

【0043】

以上のように、本実施形態に係る微細パターン測定装置 100 によれば、異なる層に形成されたパターンが 1 つの画像に現れている場合でも、目的とするパターンを安定的に正しく測定することができる。具体的には、取得した画像から得られるピーク点列の連結性を判断して概輪郭を決定し、レシピに登録されているパターンに基づいて、この概輪郭がどの層に帰属するかを判断することとした。このため、画像に現れているパターンをいずれかの層に帰属させることができる。

【0044】

〔第 2 実施形態〕

第 2 実施形態は、上述した第 1 実施形態を変形して、ピーク点列の連結性と上層及び下層のパターンの組み合わせとを対応付けた関連表をあらかじめ用意し、取得したピーク点列の連結性に基づいて、この関連表を照合することにより、各パターンがどの層に属するかを判断するようにしたものである。より詳しくを、以下に説明する。

【0045】

本実施形態においても、図 1 に示した微細パターン測定装置 100 を用いて微細パターンの測定を行う。また、本実施形態に係る測定の概略的なフローチャートを図 15 に示す。この図 15 は、上述した第 1 実施形態における図 2 に対応する図である。

【0046】

この図 15 に示すように、本実施形態に係る微細パターン測定処理は、ステップ S 5 までは上述した第 1 実施形態と同様であるが、それ以降の処理が異なる。すなわち、次のような処理によりピーク点列の連結性の評価を行う。或る探索方向 i と探索方向 $i + 1$ とで得られたピーク点の連結性を各ピーク点の間の距離で判断し、あらかじめ設定したしきい値よりも距離が小さい場合には、そのピーク点は点列につながっていると判断する（ステップ S 40）。そして、ピーク点の

つながりをツリー構造にして表現する。図16及び図17は、ピーク点のつながりのツリー構造の一部を拡大して示す図である。

【0047】

図16は、理想的なピーク点のつながりのツリー構造を示している。しかし、実際のSEM画像においては、パターンの形状やノイズ等の影響により、エッジ部分に局所的に暗い部分が存在することがあり、図16に示すように連続してピーク点を得られないで、図17に示すように、ピーク点がとぎれとぎれになる場合が有る。この場合、すべての探索が終わった時点で、片方がとぎれているすべてのピーク点列を抽出し、各ピーク点の距離を測定して、あらかじめ設定した第2のしきい値よりも小さければ各ピーク点をつなぐようにすればよい。

【0048】

ここで、1つの画像において、ラインパターン、スペースパターン、ホールパターン、ドットパターンの組み合わせで2層同時に見えている場合、概ね以下に示すような組み合わせが考えられる。

【0049】

- ・ ホールパターン内部にライン（またはスペース）パターン
- ・ ホールパターン内部にホール（又はドット）パターン
- ・ スペースパターン内部にホール（又はドット）パターン
- ・ ラインパターン下にホール（又はドット）パターン

それぞれの場合において、内部（あるいは下）に見えているパターンのエッジが何処に見えるか、すべて（ライン、スペースの場合は両側）のエッジが見えるのか、それとも一部（ライン、スペースの場合は片側）のエッジのみが見えるのか、などにより、様々なバリエーションが存在する。また、ライン（又はスペース）パターンの角度によっても様々なバリエーションが存在する。

【0050】

これら様々なパターンに対して上述した方法によって、ピーク点のつながりを表にまとめると、図18に示す表のようになる。これは、連結性の情報しか持たず、角度や大きさによらない。この点列の連結性とパターンの組み合わせとの対応関係を、関連表としてあらかじめ装置内に記憶させておく。例えば、本実施形態

においては、図 18 の関連表を、記憶装置 114 内に記憶させておく。

【0051】

そして、本実施形態に係る微細パターン測定装置 100 は、ステップ S40 で判断したピーク点の連結性を、この関連表と照合して、上層のパターンと下層のパターンとを決定する（ステップ S41）。

【0052】

例えば、図 16 及び図 18 により得られたピーク点の連結性は、図 19 に示すようになる。これを図 18 の関連表と照合させると、表中の No. 5 のパターンに有るように、閉路と、この閉路から分岐してまた閉路につながる枝とから構成されたパターンであることが判明する。このパターンの層構造の組み合わせをみると、ホールパターン内部にその下の層のパターン（ライン、スペース、ホール、又はドット）の一部が見えているものであることが分かる。上層ホールパターンに相当するのは閉路の部分である。従って、閉路を形成しているピーク点列を基準として、上述した第 1 実施形態と同様に、エッジの抽出を行い（ステップ S9）、パターンの測定を行う（ステップ S10）。

【0053】

以上のように、本実施形態に係る微細パターン測定装置 100 によっても、異なる層に形成されたパターンが 1 つの画像に現れている場合でも、目的とするパターンを安定的に正しく測定することができる。具体的には、取得した画像から得られるピーク点列の連結性を判断し、この連結性をあらかじめ用意した関連表と照合することにより、各パターンがどの層に帰属するかを判断することとした。このため、画像に現れているパターンをいずれかの層に帰属させることができる。

【0054】

〔第 3 実施形態〕

第 3 実施形態は、上述した第 1 実施形態を変形して、取得した画像から抽出したピーク点をハフ変換することにより、そのピーク点列に含まれている直線を抽出し、この直線を構成するピーク点以外のピーク点に基づいて、直線以外のパターンを抽出し、レシピに基づいて、各パターンがどの層に属するかを判断するよ

うにしたものである。より詳しくを、以下に説明する。

【0055】

本実施形態においても、図1に示した微細パターン測定装置100を用いて微細パターンの測定を行う。また、本実施形態に係る測定の概略的なフローチャートを図20に示す。この図20は、上述した第1実施形態における図2に対応する図である。

【0056】

この図20に示すように、本実施形態に係る微細パターン測定処理は、ステップS5までは上述した第1実施形態と同様であるが、それ以降の処理が異なる。なお、本実施形態においては、ステップS4で図21に示すようなSEM画像が取得できたものとする。すなわち、図21に示すように、画像内には、スペースパターン300と、このスペースパターン300の内部にホールパターン310の一部が見えているものとする。上述したように、SEM画像の特徴として、スペースパターン300のエッジ320部分、及び、ホールパターン310のエッジ330部分が他の部分に比べて明るく、白く光っている。従来の測定方法では、このスペースパターン300の内部に有るホールパターン310のエッジ330部分のために、スペースパターン300の測定が上手く行えない。

【0057】

また、ステップS5においては、ピーク点の抽出は上述した第1実施形態と同様にホールパターンを中心として動径方向に行ってもよいし、図22に示すようにスペースパターンに垂直な方向に行ってもよい。この図21及び図22の画像の場合、いずれの手法でも、得られるピーク点列は、図23に示すようになる。

【0058】

そして、本実施形態に係る微細パターン測定装置100は、このピーク点列を形成する各ピーク点に対して、ハフ変換を行う（ステップS50）。具体的には、各ピーク点の座標（ x ， y ）に対して、次式により、 θ 、 ρ を算出する。

【0059】

$$\rho = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta \quad \cdots (1)$$

例えば、 xy 平面上の或る一点（ x ， y ）をハフ変換すると、図24に示すよ

うな曲線になる。また、 x , y 平面上の複数の点が直線を形成している場合、それらをハフ変換した結果は、この図 24 に示すように、 ρ θ 平面上の一点 (ρ_s , θ_s) で交わる。このため、上記の式 (1) に (ρ_s , θ_s) を代入すると、その直線の式が得られる。

【0060】

例えば、図 23 に示すピーク点列の各ピーク点に対してハフ変換を行うと、図 25 に示すような曲線が得られる。この図 25 に示すように、各曲線は点 L1、L2 において交わっている。従って、この点の ρ 及び θ より直線 M1、M2 を算出する。

【0061】

次に、微細パターン測定装置 100 は、この算出した直線 M1、M2 を構成するピーク点以外のピーク点の中から、直線 M1、M2 の近傍にあるピーク点を選び、このピーク点を基準として、第 1 実施形態と同様にエッジを抽出する (ステップ S9)。続いて、得られたエッジ位置を元に、スペース幅の測定等を行う (ステップ S10)。

【0062】

なお、第 1 実施形態で用いたような直線以外のパターンにも、本実施形態を適用することができる。但し、この場合は、抽出された直線近傍にないピーク点を選んで、エッジ抽出を行う必要がある。

【0063】

以上のように、本実施形態に係る微細パターン測定装置 100 によっても、異なる層に形成されたパターンが 1 つの画像に現れている場合でも、目的とするパターンを安定的に正しく測定することができる。具体的には、取得した画像から得られるピーク点をハフ変換し、直線を抽出する。そして、この抽出した直線を構成するピーク点以外のピーク点のパターンを取得して、これら直線及びパターンがどの層に帰属するかを判断することとした。このため、画像に現れているパターンをいずれかの層に帰属させることができる。

【0064】

〔第 4 実施形態〕

本実施形態においても、図 1 に示した微細パターン測定装置 1 0 0 を用いて微細パターンの測定を行う。また、本実施形態に係る測定の概略的なフローチャートを図 2 6 に示す。この図 2 6 は、上述した第 1 実施形態における図 2 に対応する図である。

【 0 0 6 5 】

この図 2 6 に示すように、本実施形態に係る微細パターン測定処理は、ステップ S 5 までは上述した第 1 実施形態と同様であるが、それ以降の処理が異なる。但し、ステップ S 4 では、図 2 7 に示すような画像が取得できたものとする。すなわち、図 2 7 に示すように、取得した画面では、ホールパターン 4 0 0 と、このホールパターン 4 0 0 から、更に下層にあるホールパターン 4 1 0 の一部が見えているものとする。また、上述したように、SEM 画像の特徴として、ホールパターン 4 0 0 のエッジ 4 2 0 部分、及び、下層のホールパターン 4 1 0 のエッジ 4 3 0 部分が他の部分に比べて明るく、白く光っている。従来の測定方法では、この下層のホールパターン 4 1 0 のエッジ 4 3 0 部分のために、上層のホールパターン 4 0 0 の測定が上手く行えない。

【 0 0 6 6 】

ステップ S 5 において、この図 2 7 の SEM 画像から取得されたピーク点列は図 2 8 のようなものであったとする。図 2 8 に示すように、上層及び下層のホールパターン 4 0 0、4 1 0 のピーク点以外に、ノイズに基づくピーク点が多数みられる。このような場合、第 1 実施形態や第 2 実施形態の方法においては、グループ分けや連結性の評価がうまく行えない場合がある。また、ノイズに基づくピーク点はランダムに位置しているので、例えば第 3 実施形態のようにハフ変換を利用する方法でも削除することは難しい。

【 0 0 6 7 】

そこで、本実施形態に係る微細パターン測定装置 1 0 0 においては、このピーク点列を形成するピーク点の集合に対して、これらのピーク点をすべて含む凸包を算出する（ステップ S 6 0）。この凸包の算出は、例えば、G r a h a m のアルゴリズムや、J a r v i s のアルゴリズム等で可能である。図 2 8 に示したピーク点列に対して、凸包を算出すると、図 2 9 に示すような円形の凸包 4 4 0 が

得られる。

【0068】

目的とするパターンは最上層にあり、従って最も外側に位置するはずなので、凸包に含まれるピークは目的のパターンのピーク点から構成されているということになる。従って、凸包に含まれるピーク点を基準として、第1実施形態と同様にエッジを抽出し（ステップS9）、パターンの測定を行う（ステップS10）。

【0069】

なお、本実施形態は、上述した第3実施形態のような、スペースパターンを測定する場合にも適用することができる。図30は、図23のピーク点列に対応する凸包450を示す図である。この場合、凸包450に含まれるピーク点を基準としてエッジを抽出し測定を行ってやればよい。

【0070】

以上のように、本実施形態に係る微細パターン測定装置100によっても、異なる層に形成されたパターンが1つの画像に現れている場合でも、目的とするパターンを安定的に正しく測定することができる。具体的には、取得した画像から得られるピーク点から凸包を算出する。算出された凸包は、最も外側に位置するパターンであるので、目的とするパターンであると判断することができる。すなわち、凸包により特定されたパターンは、最も上層に属するパターンであると判断することができる。

【0071】

なお、本発明は上記実施形態に限定されず種々に変形可能である。例えば、上述した第1乃至第4実施形態に示した測定方法は単独で行っても、組み合わせて行ってもよい。例えば、第2実施形態の方法でピーク点間の連結性の評価を行った後に、閉路を形成する部分に関して第1実施形態にあるようにフーリエ記述子による評価を行ってもよい。或いは、第1実施形態の方法でピーク点間の連結性の評価を行った後に、第2実施形態に有るようにパターン種との関連表と参照して、パターン種と各グループとを関連付けてもよい。さらに、第2実施形態の方法でピーク点間の連結性の評価を行った後に、第3実施形態に有るようにハフ変

換を行って、直線成分が存在するかどうかの判断を行ってもよい。

【 0 0 7 2 】

また、上述した各実施形態においては画像取得の手段として S E M を用いたが、2 層以上同時に見える画像が取得できる装置であれば、光学顕微鏡その他の画像取得装置を用いてもよい。

【 0 0 7 3 】

さらに、上述した各実施形態においては、パターンの輪郭の概略の情報を得るために、濃度プロファイルのピーク位置を用いたが、他の情報を用いてもかまわない。

【 0 0 7 4 】

また、上述した第 1 乃至第 4 実施形態のいずれかのの方法を用いれば、2 層間のあわせずれの測定を行うことも可能である。例えば、図 3 1 に示すように、ホールパターン 5 0 0 の内部に下層のラインパターン 5 1 0 が見えている場合、上述した実施形態のいずれかのの方法を用いて、ピーク点列をホールパターン 5 0 0 又はラインパターン 5 1 0 に帰属させ、各パターンのエッジを抽出することにより、ホールパターン 5 0 0 の重心 5 2 0、及び、ラインパターン 5 1 0 の中点 5 3 0 を算出することができる。重心 5 2 0 の位置と、中点 5 3 0 の位置とのずれ量を算出すれば、水平方向のあわせずれ量 5 4 0 を算出することができる。また、2 つの層の共通の領域を抽出して、あわせ面積を測定してもよい。

【 0 0 7 5 】

さらに、上述した各実施形態で説明した各処理については、これら各処理を実行するためのプログラムをフレキシブルディスク、C D - R O M (Compact Disc - Read Only Memory)、R O M、メモ리카ード等の記録媒体に記録して、記録媒体の形で頒布することが可能である。この場合、このプログラムが記録された記録媒体をコンピュータである微細パターン測定装置 1 0 0 に読み込ませ、実行させることにより、上述した実施形態を実現することができる。

【 0 0 7 6 】

また、微細パターン測定装置 1 0 0 は、オペレーティングシステムや別のアプリケーションプログラム等の他のプログラムを備える場合がある。この場合、微

細パターン測定装置 100 の備える他のプログラムを活用し、記録媒体にはその微細パターン測定装置 100 が備えるプログラムの中から、上述した実施形態と同等の処理を実現するプログラムを呼び出すような命令を記録するようにしてもよい。

【0077】

さらに、このようなプログラムは、記録媒体の形ではなく、ネットワークを通じて搬送波として頒布することも可能である。ネットワーク上を搬送波の形で伝送されたプログラムは、微細パターン測定装置 100 に取り込まれて、このプログラムを実行することにより上述した実施形態を実現することができる。

【0078】

また、記録媒体にプログラムを記録する際や、ネットワーク上を搬送波として伝送される際に、プログラムの暗号化や圧縮化がなされている場合がある。この場合には、これら記録媒体や搬送波からプログラムを読み込んだ微細パターン測定装置 100 は、そのプログラムの復号化や伸張化を行った上で、実行する必要がある。

【0079】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係る微細パターン測定方法よれば、異なる層に属する複数のパターンを含む画像でも、測定対象のパターンを正しく測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本実施形態に係る微細パターン測定装置の構成の一例を示す図。

【図 2】

第 1 実施形態に係る微細パターン測定処理の内容を説明するフローチャートを示す図。

【図 3】

上層にホールパターンがあり、下層にラインパターンがある場合の取得画像の一例を示す図。

【図 4】

図 3 から取得したピーク点の点列の一例を示す図。

【図 5】

図 4 のピーク点をグループ分けした一例を示す図。

【図 6】

図 5 の各グループの連結性を判断して、結合させた状態を示す図。

【図 7】

各探索方向の中心位置（代表点）となるマッチングポイントを示す図。

【図 8】

マッチングポイントを中心とした探索方向を示す図。

【図 9】

エッジの探索をした結果の濃度プロファイルの一例を示す図。

【図 1 0】

第 1 実施形態に係るグループ分け処理の内容を説明するフローチャートを示す図。

【図 1 1】

図 5 から抽出される閉路（閉路 A、B）の一例を示す図。

【図 1 2】

図 5 の閉路 A のフーリエ記述子の振幅をグラフにして示す図。

【図 1 3】

図 5 の閉路 B のフーリエ記述子の振幅をグラフにして示す図。

【図 1 4】

測定対象のホールに対して行う測定の一例を示す図。

【図 1 5】

第 2 実施形態に係る微細パターン測定処理の内容を説明するフローチャートを示す図。

【図 1 6】

理想的なピーク点の点列のツリー構造を示す図。

【図 1 7】

現実のピーク点の点列のツリー構造を示す図。

【図 1 8】

各パターンの組み合わせと、概輪郭を構成する点列の連結性との関係に対応付けた関連表の一例を示す図。

【図 1 9】

図 1 6 及び図 1 8 の画像から得られるピーク点の連結性を示す図。

【図 2 0】

第 3 実施形態に係る微細パターン測定処理の内容を説明するフローチャートを示す図。

【図 2 1】

上層にラインパターンがあり、下層にホールパターンがある場合の取得画像の一例を示す図。

【図 2 2】

エッジ検索方向の別の例を示す図。

【図 2 3】

図 2 1 の画像から得られるピーク点の点列の一例を示す図。

【図 2 4】

x y 平面において直線を構成する複数の点を、ハフ変換を行うことにより得られた曲線が、 ρ θ 平面において一点で交わる様子を説明する図。

【図 2 5】

図 2 3 のピーク点列の各ピーク点に対してハフ変換を行った場合における ρ θ 平面の曲線を示す図。

【図 2 6】

第 4 実施形態に係る微細パターン測定処理の内容を説明するフローチャートを示す図。

【図 2 7】

上層にホールパターンがあり、下層にもホールパターンがある場合の取得画像の一例を示す図。

【図 2 8】

図 2 7 の画像からピーク点を抽出した際に、ノイズが現れた場合のピーク点列を示す図。

【図 2 9】

図 2 8 のピーク点に対して、凸包を算出した場合の算出結果の一例を示す図。

【図 3 0】

図 2 3 のピーク点に対して、凸包を算出した場合の算出結果の一例を示す図。

【図 3 1】

取得画像から合わせずれを算出する例を示す図。

【図 3 2】

上層にホールパターンがあり、下層にラインパターンがある場合の取得画像の一例を示す図。

【図 3 3】

上層にホールパターンがあり、下層にラインパターンがある場合の取得画像の一例を示す図。

【図 3 4】

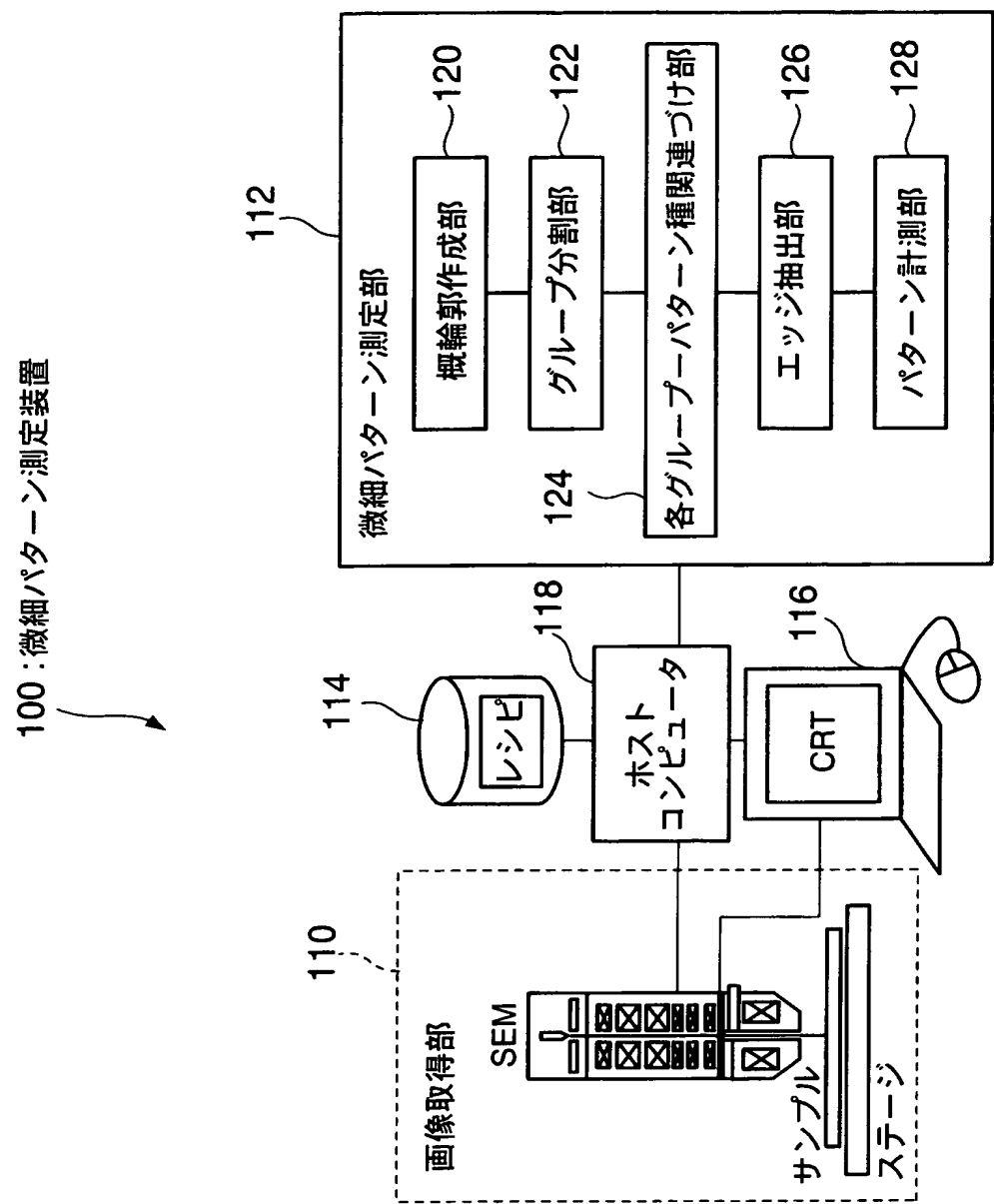
コンタクトホールに設定した R O I の一例を示す図。

【符号の説明】

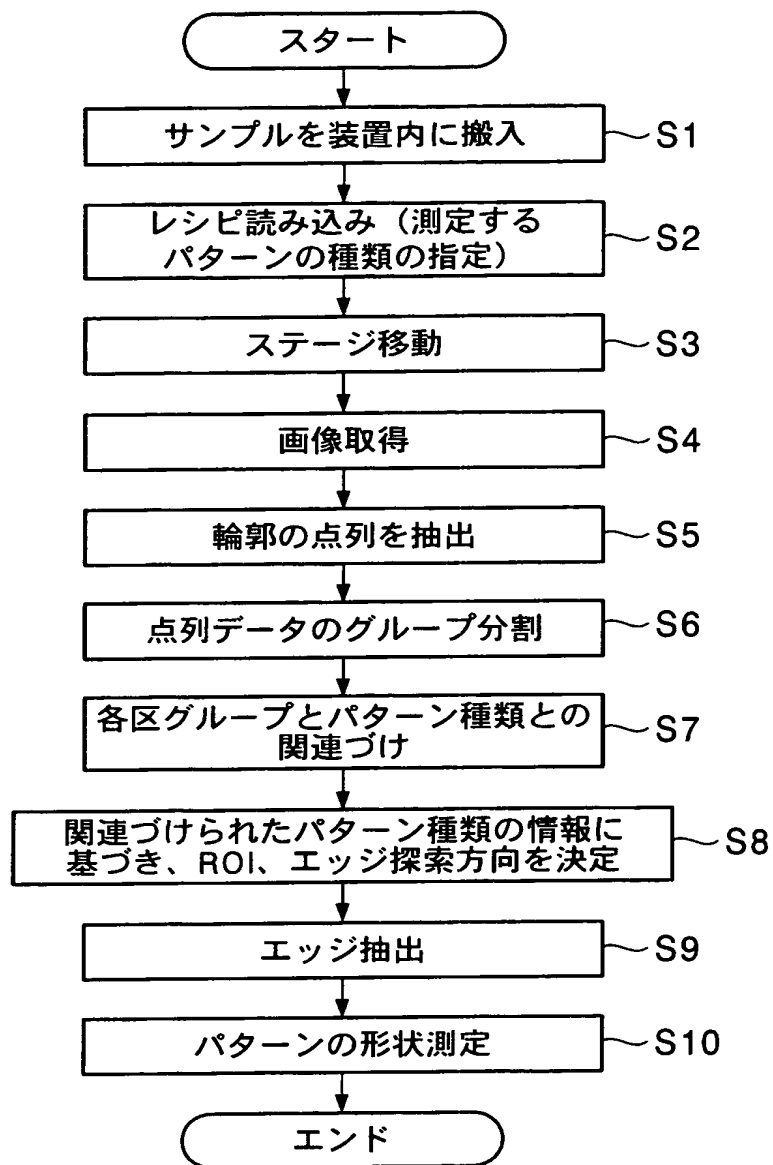
- 1 0 0 微細パターン測定装置
- 1 1 0 画像取得部
- 1 1 2 微細パターン測定部
- 1 1 4 記憶装置
- 1 1 6 C R T
- 1 1 8 ホストコンピュータ
- 1 2 0 概輪郭作成部
- 1 2 2 グループ分割部
- 1 2 4 各グループパターン種関連付け部
- 1 2 6 エッジ抽出部
- 1 2 8 パターン計測部

【書類名】 図面

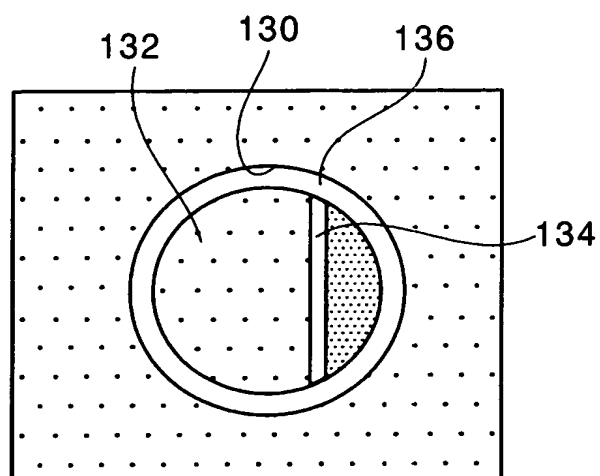
【図 1】



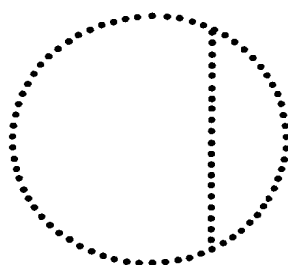
【図 2】



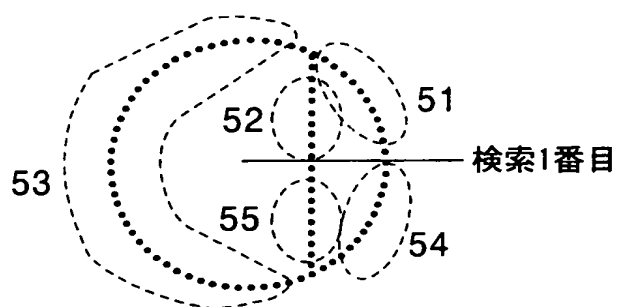
【図 3】



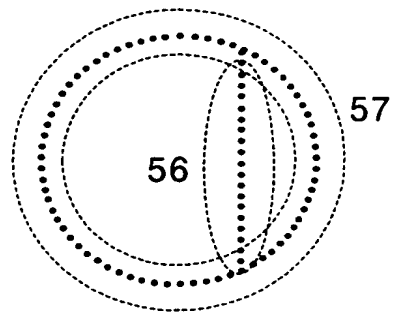
【図 4】



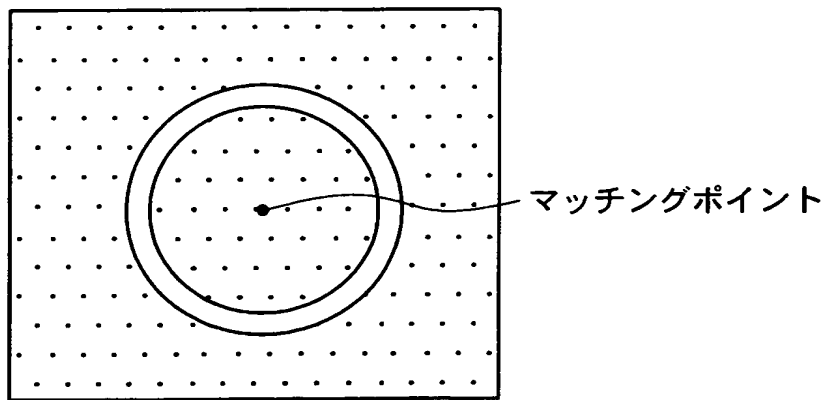
【図 5】



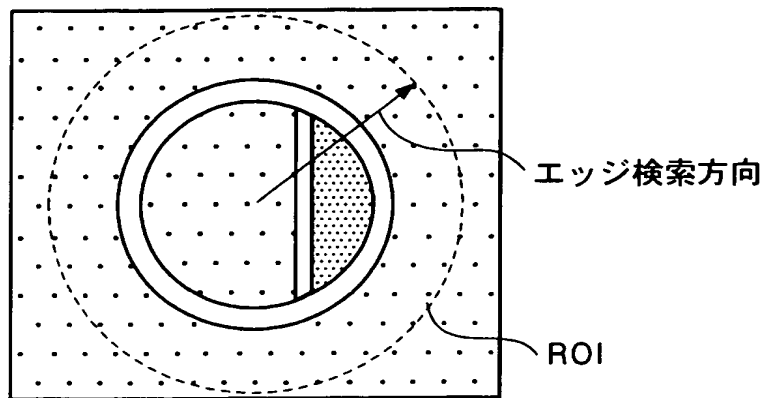
【図 6】



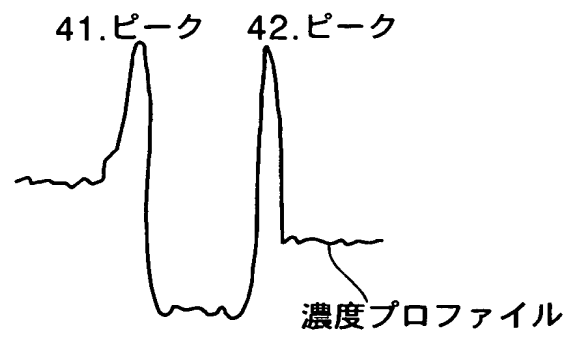
【図 7】



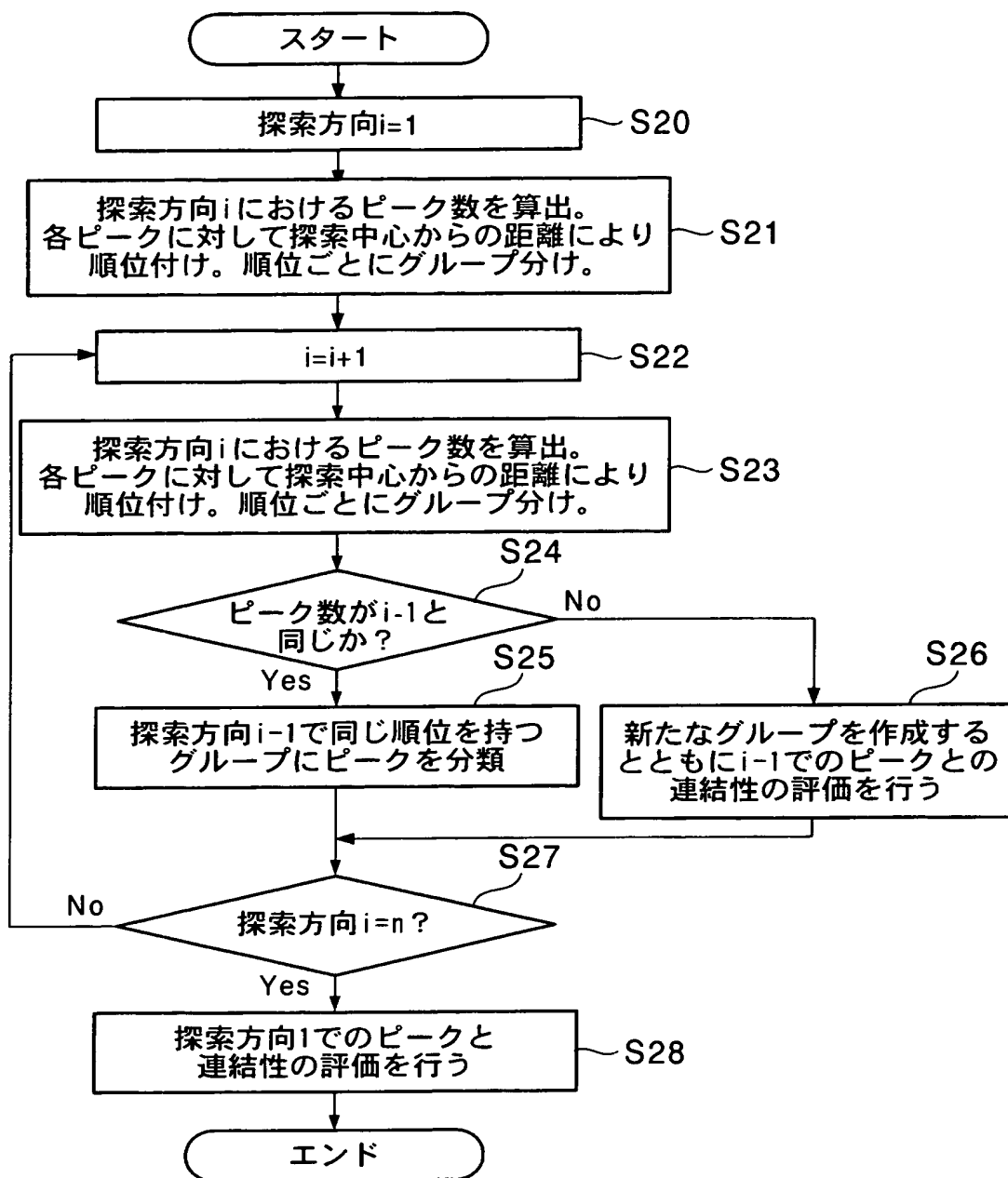
【図 8】



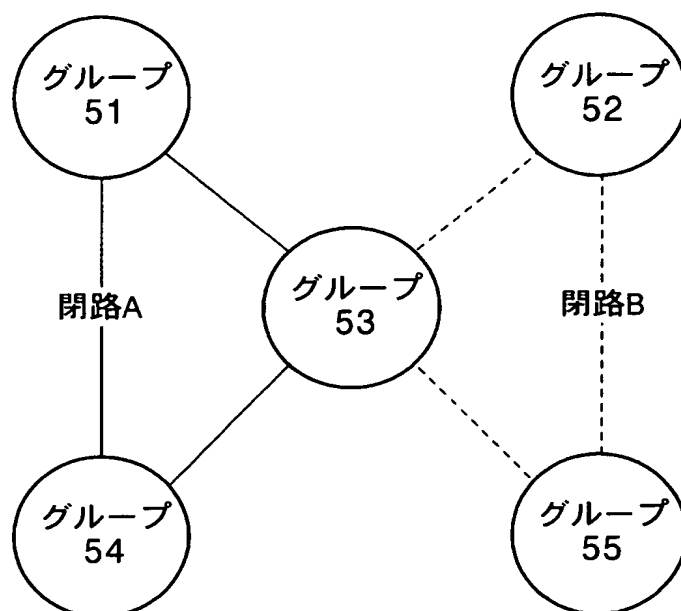
【図 9】



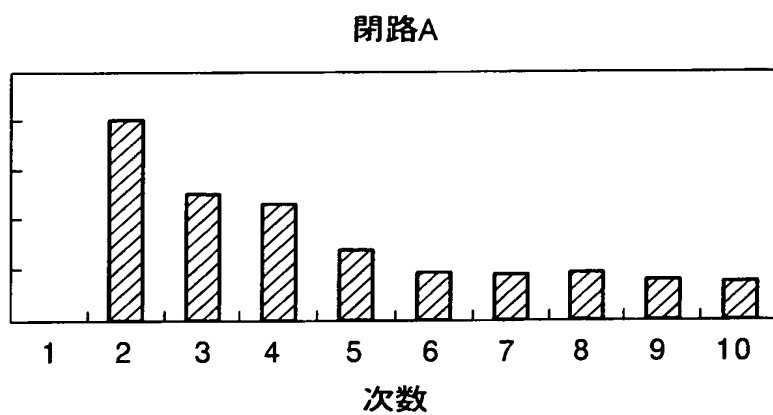
【図 10】



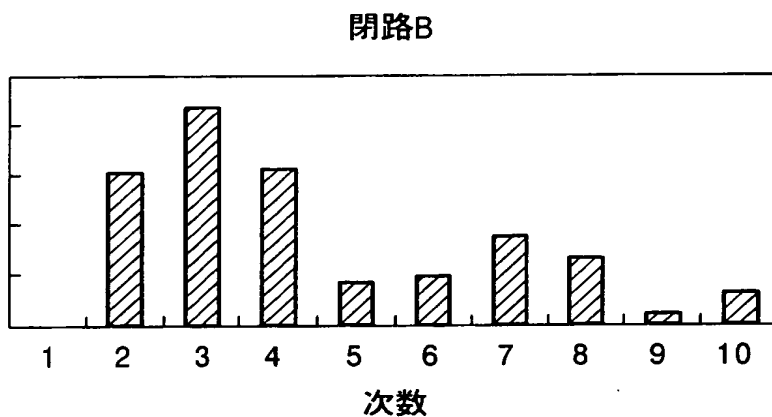
【図 1 1】



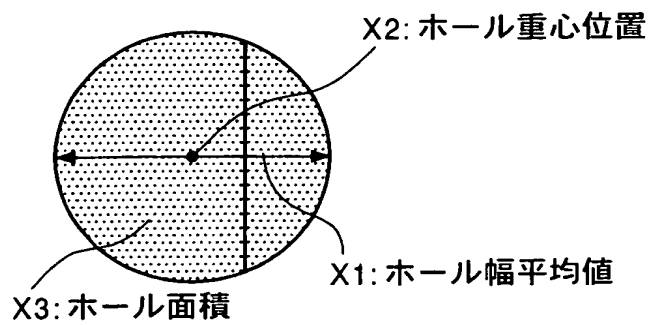
【図 1 2】



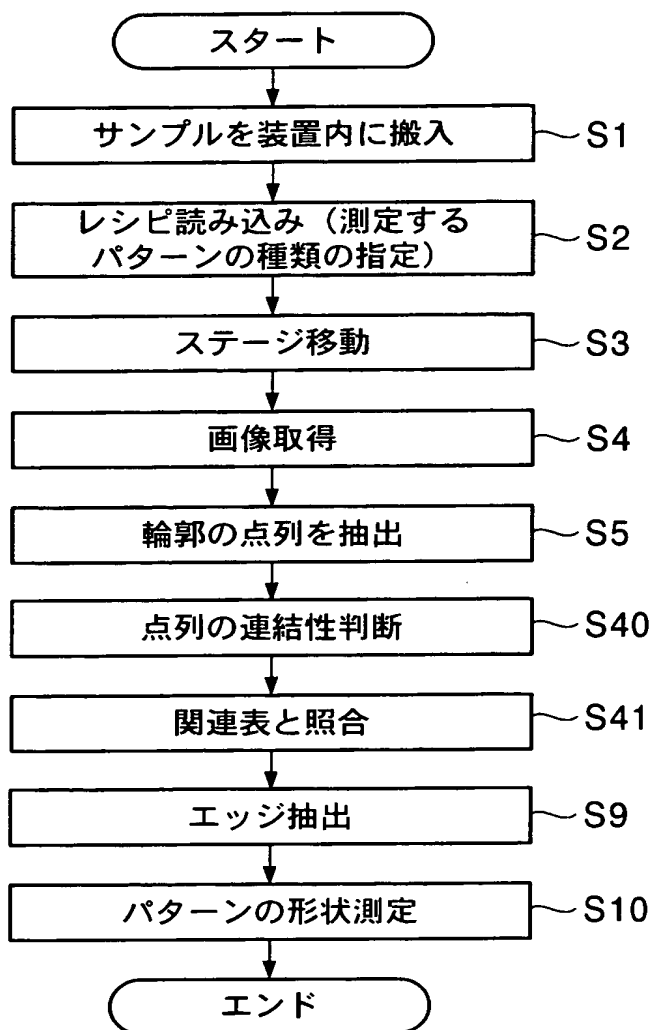
【図 1 3】



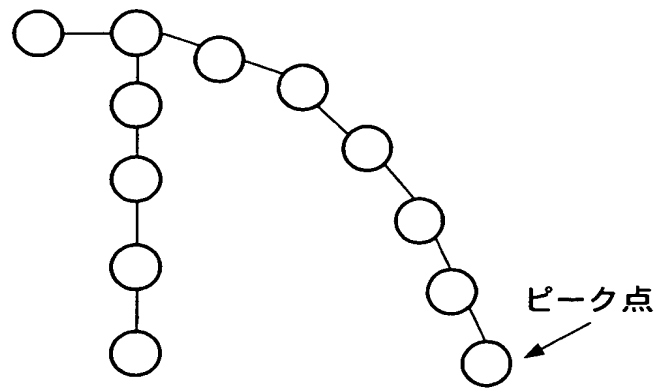
【図 14】



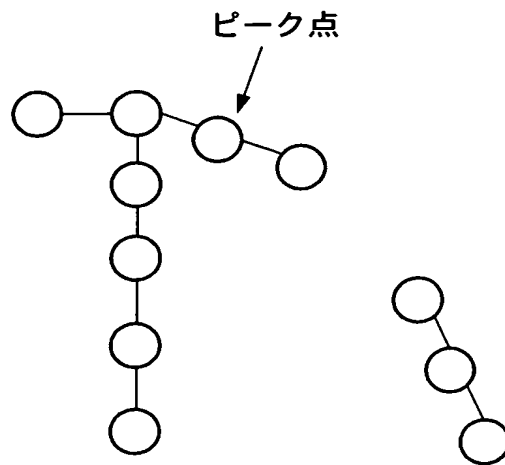
【図 15】



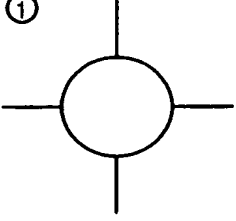
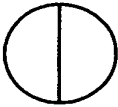
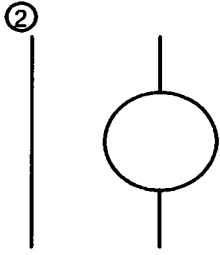
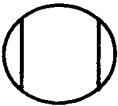
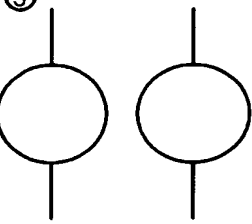
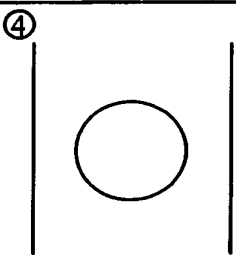
【図 16】



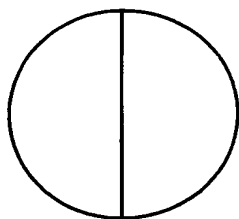
【図 17】



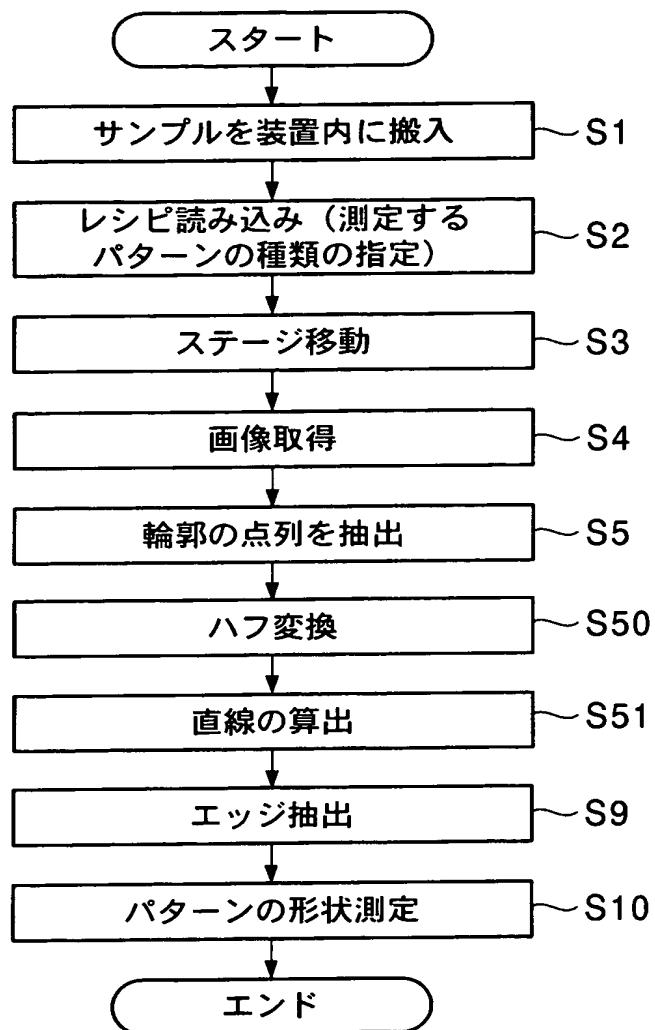
【図 18】

連結性パターン	パターン組み 合わせ	連結性パターン	パターン組み 合わせ
① 	上層: ドット、ホール 下層: ライン、スペース	⑤ 	上層: ホールパターン 下層: ホール、ドット、 ライン、スペース
② 	上層: スペース 上層: ホール、 ドット 又は 上層: ホール、 ドット 下層: ライン、 スペース	⑥ 	上層: ホールパターン 下層: ホール、ドット、 ライン、スペース
③ 	上層: スペース 上層: ホール、 ドット 又は 上層: ホール、 ドット 下層: ライン、 スペース	⑦ 	上層: ホールパターン 下層: ホール、ドット、
④ 	上層: スペース 上層: ホール、 ドット 又は 上層: ホール、 ドット 下層: ライン、 スペース		

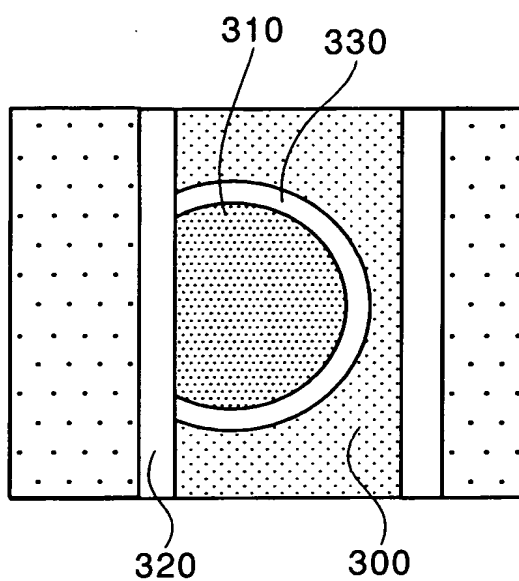
【図 19】



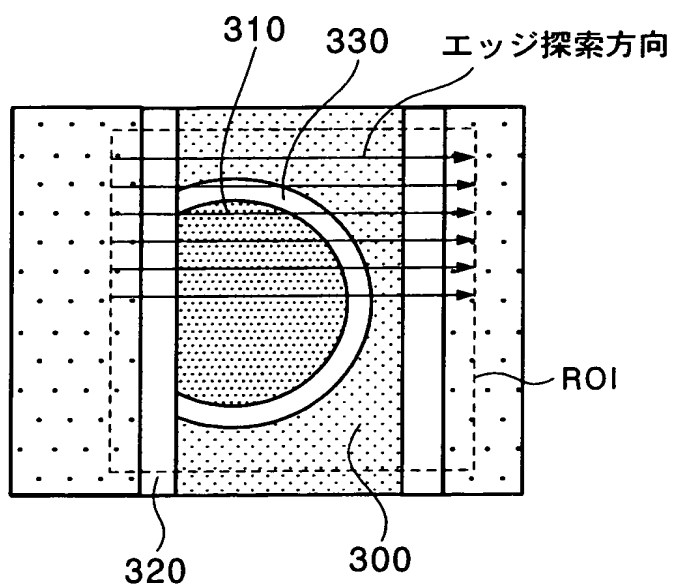
【図 20】



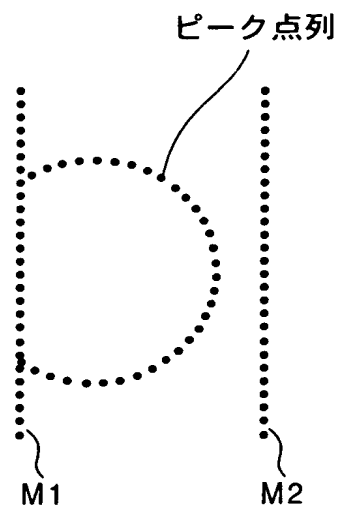
【図 2 1】



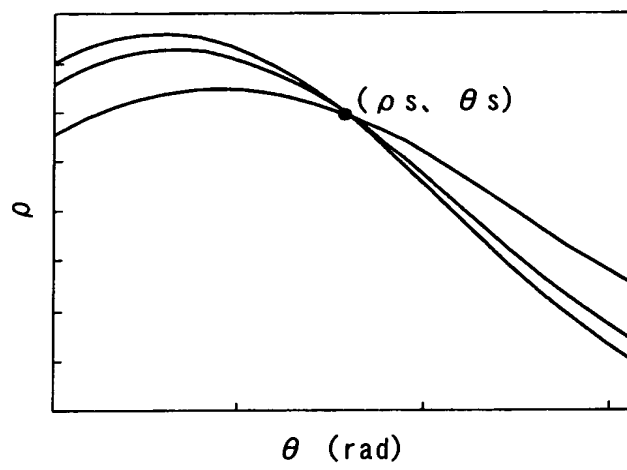
【図 2 2】



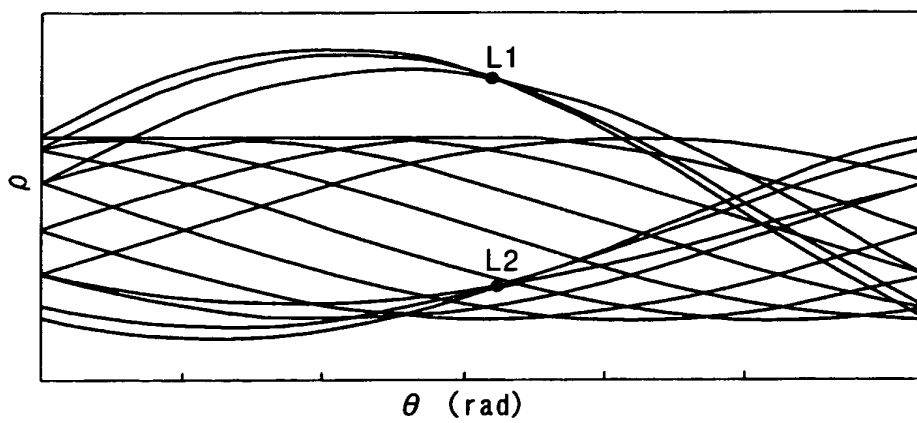
【図 23】



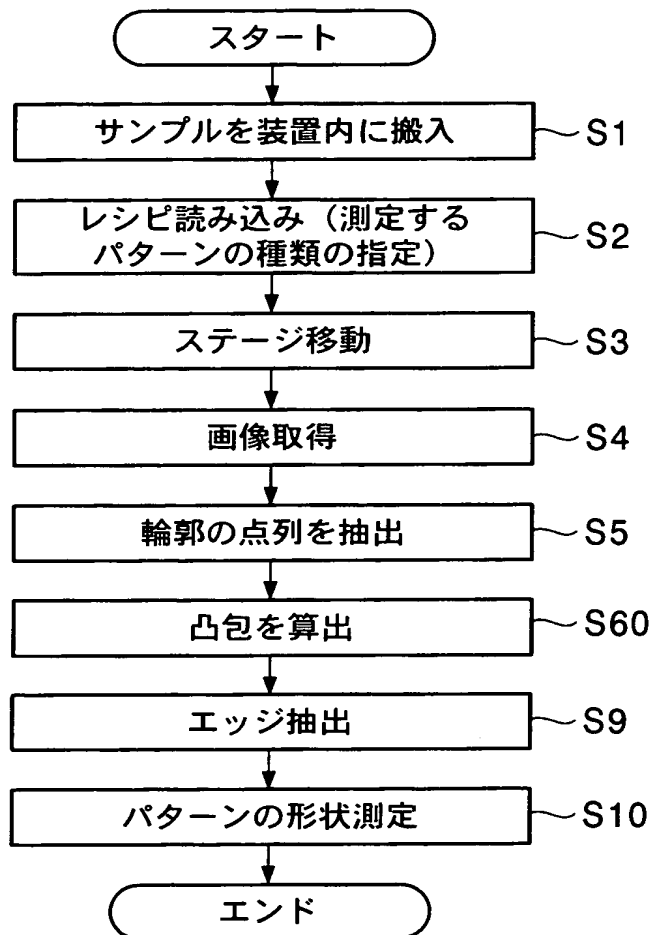
【図 24】



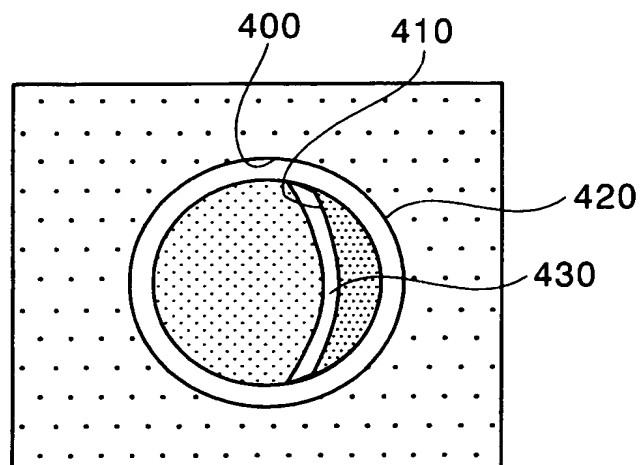
【図 25】



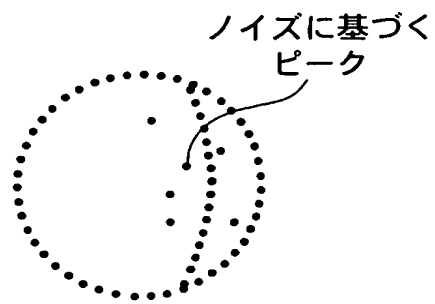
【図 26】



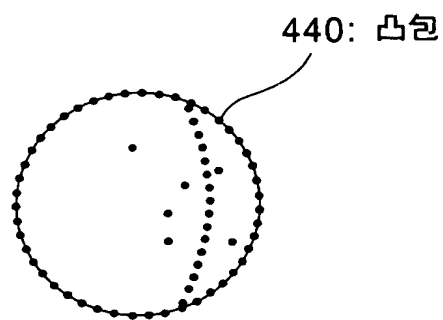
【図 27】



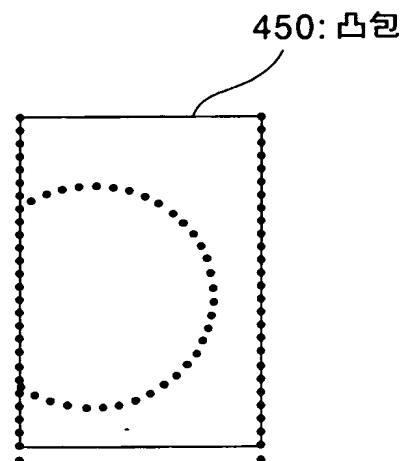
【図 2 8】



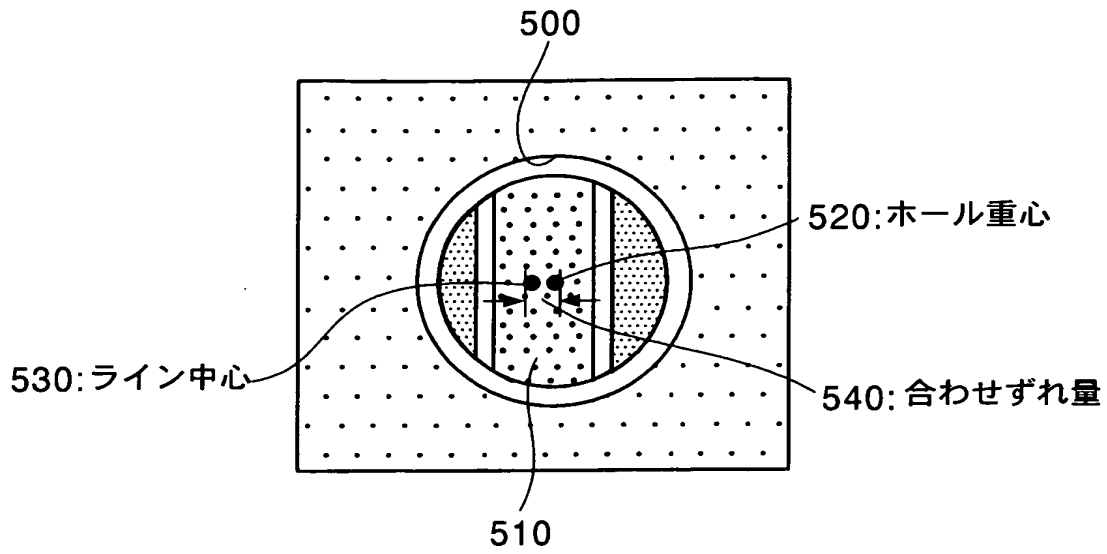
【図 2 9】



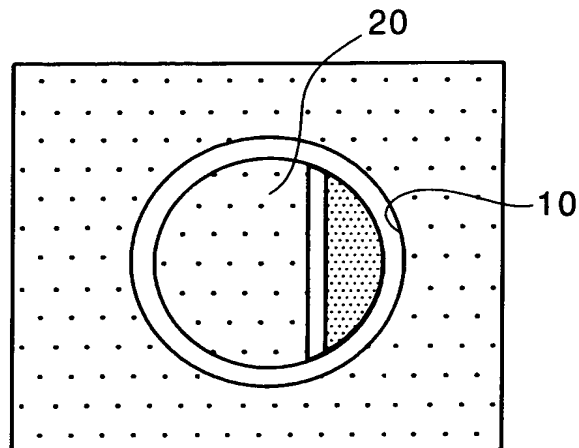
【図 3 0】



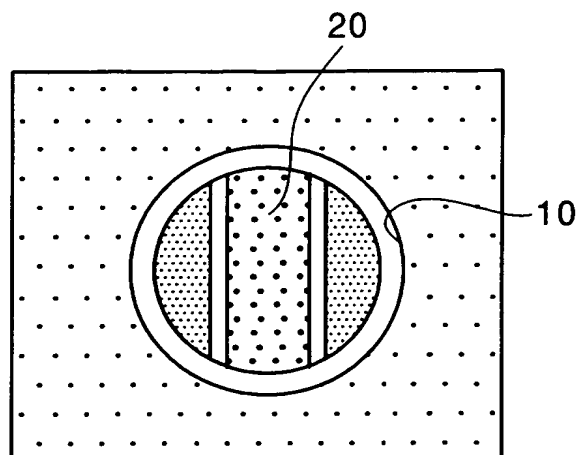
【図 3 1】



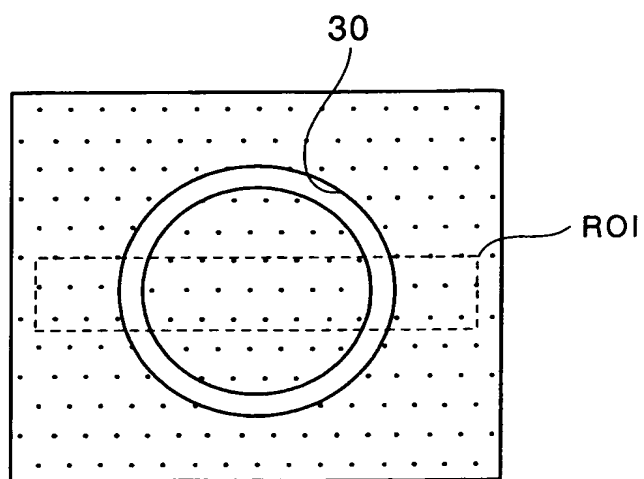
【図 3 2】



【図 3 3】



【図 34】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 複数の層から構成された半導体デバイスの画像から、各層のパターンを正しく測定できるようにする。

【解決手段】 2 層以上から構成された半導体デバイスの S E M 画像を取得し、この取得画像からパターンのピーク位置をピーク点として抽出する。抽出されたピーク点から構成されるピーク点列をグループ分けして、各グループを各層のパターンに帰属させる。これにより、各層のパターンの形状を正しく測定できるようにする。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 3 0 5 4 6 0

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 3 0 7 8]

1 . 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 2 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

氏 名

株式会社東芝

2 . 変更年月日

2 0 0 1 年 7 月 2 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都港区芝浦一丁目 1 番 1 号

氏 名

株式会社東芝